

科學教育學門及多元族群的科學教育學門現況與發展

科學教育學門提供

本專題內容係由歷年學門召集人及複審委員撰寫之學門規劃重點，以及 SIG 召集人提供資料彙整而成。

一、前言

十二年國民基本教育課程綱要揭示科學教育目標在啟發科學探究的熱忱與潛能、建構基本科學素養、奠定持續學習科學與運用科技的基礎、培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力及為生涯發展做準備。是以科學教育學門以此為核心，從科學學習及教學方法與策略、科學實驗、科學課室對話、課程與評量、科學歷史與哲學、科學本質與科學探究、師資培育等主要面向，進行系統與實徵性的研究，以期促進學生的科學學習，提升學生的科學素養。

科學教育研究的內涵跨數理科專業學科，以及教育、心理、社會等領域，兼具自然科學及社會科學研究之特質。科學教育學門涵蓋的學科領域，包括物理、化學、生物、地球科學、環境教育及跨領域的科學與科技等，針對大、中、小學與學前教育等各階段進行研究，由於科學的學習有其階層性，大多數的科學概念均依賴前概念的學習，是以科學教育研究的內涵意迥異於其他類科的教育研究具有其特殊性。本學門亦強調實務、推廣的研究，冀能直接有效將研究結果經由教學獲致實際成果，以達到科學教育目標進而對我國社會做出貢獻。多元族群的科學教育學門則特別考量新移民子女、學習不利、身心障礙、原住民、女性等五種具特殊需求學生，協助其科學學習進展。

二、學門現況

科學教育學門及多元族群的科學教育學門為凝聚研究能量、有效解決目前國內各階段科學教育重要問題、前瞻國際研究趨勢並展望未來國家發展，各任

召集人乃召集複審委員以滾動式方式規劃各階段研究重點方向，俾提供有興趣從事科教研究之學者參考，近五年規劃重點分述如下：

科學教育學門——

(一) 科學學習跨領域研究

認知科學、神經科學與分子生物科學的研究近年來進展至為快速，研究結果對於科學學習理論也有諸多啟發；本重點希望藉由認知科學、神經科學、分子生物學與科學學習的跨領域研究，深入探討學生科學學習的動態認知歷程與機制，進而提升科學學習的成效。此外，本研究重點鼓勵科教研究者運用跨領域的方法（如：fMRI、EEG、眼動儀、資料探勘等設備與技術）收集與分析科學學習各種微觀及時序動態資料，進而深入的解析科學學習微觀機制，或整合上述各種資料建立解釋的模式與預測學生科學學習。

(二) 學生對科學學習的情意面向及概念發展之研究

我國各級學校對於提升學生的學習科學的情意面向一直未臻理想，然而學習科學的情意面向卻是近二十年來國際評量學生科學與數學素養（如 PISA、TIMSS）相當重視的焦點；而科學概念發展的研究長期以來一直為科教領域的重要研究主軸。本重點在鼓勵科學教育學者應用多元理論並採用多元策略，以探討各級學校、不同特質的學生（包括：認知能力、自我控制能力、情感覺察能力、情緒型態、人格特質、性別等），在學習科學的情意面向（如：態度、自我效能、動機、情緒、興趣、自信、參與度、焦慮等）的表現，或深度探討學生科學概念的理解、建構及改變的歷程，或認知與情感交互作用之歷程對科學學習的影響。此外，亦鼓勵研究相關教學方法或課程，以促進學生情意面向及概念理解之發展，或開發教材及學習環境以適於不同情意面向表現的學生或促進學生之概念發展。

(三) 多重表徵在科學教與學之研究

科學學習與教學中，呈現出不同形式的多重表徵，如：語言、文字、數學符號、圖像、模型、動畫與模擬等。學生經由教師所提供的多重表徵、教科書中呈現的科學表徵、或自行發展的表徵等來建構和理解科學概念。本重點聚焦多重表徵之研究，探討語言、文字、符號、圖像與模型等在科學的教與學中所扮演的角色與功能。此外，在數位化學習環境中，建構多重表徵的科學教學對於學生科學概念建構之影響等相關研究。

(四)提升科學能力 (scientific competencies) 之科學課程、教學活動設計、評量與回饋策略之研究

因應知識急速更新以及對科學能力 (scientific competencies) (OECD, 2013) 的愈漸重視，發展學前、小學與中學學生科學能力 (如：科學探究能力、論證能力、問題解決能力、創造力等) 之科學課程、教學活動、評量與回饋策略的設計之研究。

(五)職前與現職科學教師專業發展之研究

科學教師的任務是進行科學教學促進學生科學學習，如何讓過去數十年來重要的科學教學與學習理論與研究 (如：概念改變、科學論證、後設認知、探究、科學本質、建構主義、教學內容知識 (PCK)、科技教學內容知識 (TPACK)，落實到教師的科學教學與學生的科學學習，則有賴教師專業學習與成長。近年來，強調教師本身就是學習者，專業發展的過程是不斷的學習，教師專業學習與成長的研究不應忽略教師為學習者，以及其學習和反思的歷程。此外，經由不同教學經驗教師組成的社群可有效促進教師專業成長，探討教師社群 (教師社群成員可包含實習教師、新手教師、資深教師以及師培機構的師資培育者等) 的組織與運作如何促成教師專業發展等相關研究。

(六)亞洲科學教育之研究

亞洲區域中，例如：臺灣、日本、韓國、香港、新加坡等地區，在文化發展過程中有其相似之處，教育制度及改革措施互有影響，而且這些地區對於評量機制及升學制度的重視，是值得探討的議題。此外，東南亞區域 (例如：越南、泰國、馬來西亞、印尼等) 和南亞 (例如：印度等)，則有較為不同的文化，也值得拓展不同文化間的跨國比較。在當前教育同時強調在地化 (localization) 與全球化 (globalization) 的趨勢中，亞洲的教育研究與思考將有助於解決當前的教育問題，並可進一步尋求具文化特性的科學教育理論。

(七)環境教育

環境教育分為正規環境教育與非正規環境教育兩系統，教育對象包含了各年齡層與各社會階層，教學內容涵蓋自然生態、社會文化、資源管理、永續發展、環境倫理等面向。環境教育強調以整合性觀點來執行教學與促進學習，以提升學習者的環境知識、覺知、態度、價值觀、技能、與行動，最終能培養負責任的環境公民以保護環境。臺灣在民國 99 年通過《環境教育法》，並於民國 100 年正式施行。因此本研究重點計畫透過以下幾個系列研究，逐步建立針對各

階層目標對象的環境教育內涵、指標、發展策略、模式。再透過有效的教學與評估，進而引導環境教育課程方案的優化發展、並促進引領環境學習場域與機制的建立與優化，以全面提升臺灣整體環境教育的品質與能量。

(八) 高等教育之科學課程、教學與評鑑研究

推動高等教育階段科學課程的革新，是近年教育政策的目標，基礎與專業核心課程的科學教育研究值得重視。高等教育理工相關科系的科學課程規劃（不包含通識課程），多致力於學生知能的培育，以提供國家科學人才之需求，因應時代的快速變化，這一代科學主修的大學生與研究生，需具備哪些科學相關的技能和思維，應是高等教育學者需關注的課題。再者，學習科技日新月異，使得數位學習環境可提供互動且多樣化的呈現方式，學習科技與教學方法之整合應成為大學院校教學的主要策略。本重點鼓勵以提升高等教育階段學生科學學習成效，或以思考能力、實作技能等為目標的課程與教學，並進行評鑑與研究，以反思且評估教學成效。

多元族群的科學教育學門——

多元族群的科學教育學門則在尊重多元族群差異、提升對非主流群體之關懷、深入理解科學教育學習者（或教導者）身處之環境與經驗、提供不同族群及不同文化學生平等的受教機會前提下，支持以多元文化與認知觀點（如：語言、文字、性別、宗教、信仰、認識觀、社經地位、風俗習慣、生活經驗等），探討文化或需求殊異學生所發展出的知識體系或學習樣貌。本學門特別關注促進新移民子女、原住民、女性、特殊需求（含資優、身心障礙）等文化殊異學生的科學學習等議題，藉由所進行的科學（含數學、科學、資訊、應用科學）教育研究，提升多元族群學生之科學學習成效。

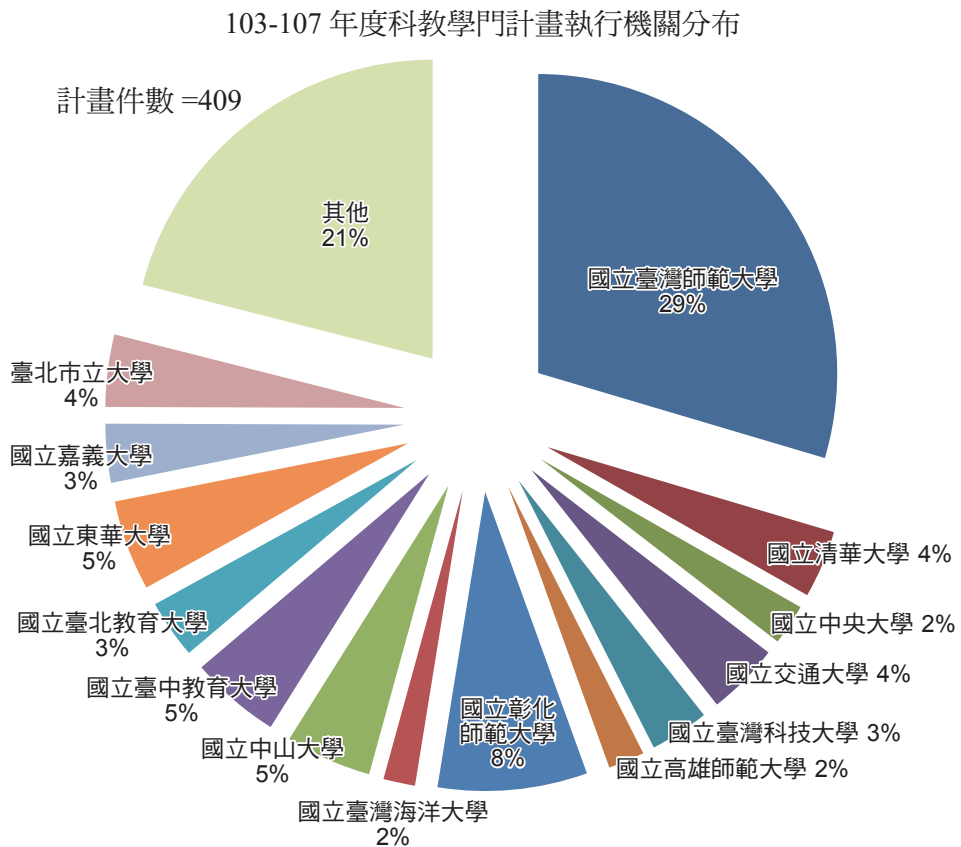
由 106-107 年度學門計畫申請案研究主題分布可約略了解研究者所關注議題，多偏重在課程教材之研發、科學學習情意及概念發展等主題：

科學教育學門計畫申請情形			多元族群的科學教育學門計畫申請情形		
主題	106 年度 申請數	107 年度 申請數	主題	106 年度 申請數	107 年度 申請數
科學學習跨領域研究	6	3	家庭、學校、社會與多元族群學生科學學習	5	4
學生對科學學習的情意面向及概念發展之研究	10	8	增進多元族群學生數位學習機會	3	5

（接續下頁）

多重表徵在科學教與學之研究	3	4	研發適合多元族群學生的科學課程、教學、和教材	8	9
提升高層次思考能力之科學課程、教材活動設計及評量之研究	15	19	增進多元族群學生對於科學學習興趣與學習成效	0	2
職前與現職科學教師專業發展之研究	3	8	建立多元族群學生的評量方法與工具	2	1
東亞科學教育之研究	2	3	促進科學教師對多元族群學生的理解	2	1
環境教育	17	21	多元族群之認知科學研究	4	2
高等教育之科學課程、教學與評鑑研究	5	4	多元族群學生學習特質與表現之後設分析研究	0	0
其他	2	3	多元族群學生之追蹤研究	1	0
			其他	2	0
	63	73		27	24

科學教育學門研究學者主要來自各大專校院科學教育以及科學、工程、科技、資訊，以及教育、人文與社會等科系的學者，其中屬傳統師範體系者仍占多數，近五年執行機關分布如下圖：



為促進學術交流，形成跨校或跨領域的研究團隊，本學門鼓勵相似研究興趣的學者形成特定研究主題的討論群 (special interest group, SIG)，除在研究夥伴間互相支持專業成長，並期能激發出新的研究主題或形成研究團隊。目前本學門運作中的 SIG 共有三組，其主題內容與負責人如下，對類似議題有興趣之研究人員可以聯絡各組召集人，或是自行邀集興趣類似之學者自組 SIG 並向學門申請集會所需資源：

1. 電腦輔助科學學習 (召集人：臺灣師範大學蔡今中教授)

近來科學教育領域關於虛擬／擴增實境的應用、STEM education、教育神經科學、及機器人教育等研究均為相當受重視的主題。而本 SIG 科技輔助科學學習，關注之研究議題包含機器人 (Robotics) 在科學教育的應用、擴增／虛擬實境在科學教育的應用、教育神經科學在科學學習上的探討、(Science、Technology、Engineering and Mathematic: STEM) 教師教育及教師專業發展虛擬實驗室 (virtual lab) 在科學教育的應用等主題。

2. 後設認知 (召集人：臺灣科技大學陳素芬教授)

後設認知近年的趨勢著重在探討和捕捉後設認知的複雜機制，並結合多重資料建立學習者模式，追蹤學習者因應任務特性所進行自我調節學習的動態歷程。在實務上可結合數位學習和人工智慧，發展學習診斷系統和適性化鷹架以輔助學習。亦有趨勢探討合作學習中，組員間後設認知能力的互動和發展，以及探討動機、情意對等因素對後設認知策略運用的影響。本 SIG 主要關注在數位學習、科學閱讀、探究等任務中的自我調節學習和後設認知知識與技能，理論與實務並進。SIG 的討論內容包括科學閱讀時的後設認知研究趨勢、比較數位與紙本學習時的評量工具有何不同且對數位學習評量提出建言、整理出數位學習時的自我調節學習架構、以及科學學習時針對不同任務和學習者特性應如何設計自我調節與後設認知鷹架。

3. MUST-SEE (召集人：靜宜大學顏瓊芬教授)

聚焦於跨領域合作之環境教育學習歷程建構，重視個人學習經驗，從經驗進行連結強調多元的環境與永續教育，目標在於讓參與的研究學者，對於永續發展的環境議題有所覺知與行動，分為三大焦點：(1) 以環境與永續教育為主題、(2) 跨領域人才整合為策略、(3) 研究主題為滿足學生在學習上的多元需求。職是研究團隊成員藉由文獻選讀定期共同探討，將多元環境教育內涵應用在各自的研究領域當中，積極辦理相關工作坊探索國際趨勢，包括 2018 年 5 月之社會學習之永續發展教育、由 Dr. Arjen E.J. Wals、Wageningen University、

Netherlands，聯合國教科文組織（UNESCO）社會學習與可持續發展主席主持，確認環境教育之國際趨勢為聚焦永續發展，並將於 2019 年 3 月研討：如何透過環境議題與群眾對話工作坊。

配合國家新南向政策，科教學門的學者也積極與東南亞各國合作計畫，共同針對所關心的議題進行合作研究，希望藉由跨國研究，探討不同文化、制度、環境下之科學教育相關議題。最終目的係與東南亞國家（泰國、越南、新加坡、馬來西亞）形成區域研究團隊，建立各種分享平臺（如教學學習系統、檢測工具、評量工具等），並由大量資料分析學習模式，嘗試完備或修改相關學習理論。執行中之研究計畫兩項簡介如下：

1. 臺泰越 STEM 計畫：科學教育南向合作研究與實務推廣（張俊彥教授）——本計畫由學習與教學、評量、教師專業成長三方面，提出以證據為基礎的 STEM 研究與實踐架構，發展 STEM 教學活動、模組、素材、評量以及相關工具，其成果將可做為 12 年國教創新教學的具體範例與資源，並藉由跨國合作計畫建立資源分享平臺。
2. 中學生科學學習信念、科學學業堅毅與科學學習效能之跨國比較：科教新南向研究（蔡今中教授）——延續國際評比如 PISA、TIMSS 學生表現，本計畫深入探究與比較臺灣中學生與新加坡、馬來西亞、泰國中學生的相關重要科學學習情意面向等。初步發現科學學習概念與科學學習自我效能的構念因素，可能與教育制度或文化有關係。

三、研究成果

科學教育學門為科教領育最早成立的學門之一，培養出許多優秀的研究學者並具高度的學術辨識度及國際聲譽，在中小學科學教育實務亦有前瞻引領的貢獻。如交通大學的佘曉清教授近年致力於結合科學教育與神經科學，利用 EEG 與眼動儀探討學習者在科學學習、科學與數學問題解決、科學概念建構之工作記憶任務與科學決策等歷程中的大腦動態變化與眼動行為。中山大學的林煥祥教授對於探究式教學的師資培育及科學素養提升的研究卓有成效，並將成果推廣至現場的科學教師，協助教師專業成長。臺灣師範大學的吳心楷教授與許瑛珺教授在電腦化評量與科學探究評量等研究議題上有深入的研究。研究成果除表現於重要國際期刊外，更試圖將其研究連結目前科學教育實務現場教學環境的需求，故亦具有高度的實務應用性。臺灣師範大學的蔡今中教授以科學

概念學習有一系列嚴謹的研究及創新的發現，研究成果傑出，是國內外學研機構積極爭取延聘或合作的對象。蔡教授除本身研究成果優異外，亦熱心服務學術社群，對於提攜新進不遺餘力，培養出許多優秀的研究人員。

總之，本學門研究績效豐富，對實務之教學及國際學術均有重要的影響。由蔡今中教授統計 2013-2017 臺灣學者發表在三本重要科學教育學術期刊——*Science Education*、*the Journal of Research in Science Teaching*、與 *International Journal of Science Education* 的所有文章，整體來說臺灣都在前 10 名，可見一斑。詳見下表：

Table 1. Country ranks of publications from 2013 to 2017 (top 10) for the three journals (*SE*, *JRST*, and *IJSE*)

Rank	2013-2017(N=1088)		2013(N=208)		2014(N=216)		2015(N=227)		2016(N=230)		2017(N=207)	
	Country	Score	Country	Score	Country	Score	Country	Score	Country	Score	Country	Score
1	US	508.28	US	81.77	US	94.17	US	118.97	US	109.61	US	103.76
2	UK	64.15	UK	19.42	Germany	16.92	Australia	12.28	Germany	14.65	Germany	14.18
3	Germany	59.75	Taiwan	10.78	Taiwan	13.20	Taiwan	12.60	UK	11.64	Sweden	9.79
4	Taiwan	56.74	Canada	9.38	UK	12.31	UK	12.46	Taiwan	10.95	Taiwan	9.21
5	Australia	43.20	Sweden	7.71	Sweden	8.46	Germany	8.00	Australia	10.23	UK	8.32
6	Sweden	37.10	Israel	6.84	Australia	8.39	Norway	5.60	Sweden	8.22	Australia	6.50
7	Canada	29.41	Spain	6.48	Singapore	6.82	Netherlands	5.00	Canada	6.89	Spain	6.47
8	Israel	25.51	Germany	6.00	Canada	5.44	Israe	4.70	Netherlands	6.00	Turkey	5.08
9	Netherlands	20.74	Australia	5.81	Israel	4.60	Switzerland	3.60	Israel	4.68	Israel	4.68
10	Spain	20.61	Singapore	4.24	Norway	3.40	Canada	3.07	Greece	4.00	China	4.64

引用自 Lin, T.-J., Lin, T.-C., Potvin, P., & Tsai, C.-C. (in press). Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*.

四、展望

過去幾年國內推動的教育大學轉型及少子化等因素，若干大學的系所出現了整合或整併，使得科學教育相關研究人口有逐年降低的趨勢。因應多元社會需求，新學門之設置或專案型計畫推動（如多元族群學門、性別、原住民等專案）提供更多申請管道，在新聘人員員額減少，資深研究人員退休之狀況下，使得科學教育學門計畫申請件數逐年減少。但科教學門在此情況下，愈發體認經驗傳承及研究人員的研究品質之精進與提升之重要。

近年來，學門基於國內目前研究需求及國際未來趨勢，辦理薪火相傳、研討會和工作坊等活動，冀能培養科學教育的研究人才，長期深耕與臺灣科學教育密切相關的研究主題，強調在地化及國際化的研究主題並重，並且推廣與扎根研究成果於學校教育的實務現場。透過 SIG 的補助協助學術社群的經營與茁壯，並鼓勵學術社群致力於尋找國際交流與跨國合作研究的契機，以促成區域性研究團隊的形成和大規模跨國比較研究的進行，以呼應新南向政策的推動，

期能產生具社會影響力與國際能見度的學術能量。

在研究方法與技術的不斷更新，科學教育研究不再只是傳統的總結性成效評估，而是可以從腦神經科學和眼動等生理訊號重新詮釋學習的各個面向（例如：認知、情意等），以及可以應用統計模式與資料探勘等技術來解析教學與學習歷程。這些創新研究技術的導入，讓科學教育的研究資料累積快速，有助於理論發展與影響因素的關聯探索，若有效統合和系統分析這些巨量資料，將可以對科學教育的教學實務、課程發展、理論發展和政策建議等有所貢獻。

再則，社會發展迅速和人口結構多元，多元族群的科學教育議題顯得日益重要，結合不同領域學者專家（如：社會學者、認知心理學家、人類學等）針對多元族群教育相關議題進行跨域合作的研究，將可增進對不同族群需求的理解，進而能有效地提供適切的學習環境和教學資源，以達成社會和諧和共好的目標。

資料來源

100-107 年度專題研究計畫科學教育學門、多元族群的科學教育學門規劃重點研究項目。

許瑛珺教授撰「科學教育學門基礎研究對社會效益的影響與期待」。

蔡今中教授撰「科學教育學門研究發展規劃推動計畫（第 1 年）期中進度報告」。